

化工生产技术与化工安全

卢志星

天津渤海石化有限公司 天津 300452

摘要: 化工生产具有原料与产品危险性高、生产条件苛刻、工艺复杂等特点,这使得火灾爆炸、有毒物质泄漏及人为操作失误等安全问题频发。本文探讨了化工生产技术与安全的紧密关联,分析先进生产技术对提升安全性的促进作用,以及安全要求对技术改进的推动意义,并从完善制度、强化培训、设备维护、引入监测预警技术等方面,提出加强化工安全管理的具体措施,旨在为平衡化工生产效率与安全、降低事故风险提供参考。

关键词: 化工; 生产; 技术; 安全

引言: 化工行业作为国民经济的重要支柱,其生产过程伴随高风险特性。原料与产品多为易燃易爆、有毒有害物质,高温高压等苛刻生产条件及复杂工艺流程,进一步放大了安全隐患。近年来,化工安全事故不仅造成人员伤亡和经济损失,还对生态环境构成严重威胁。因此,深入剖析化工生产特点与安全问题的内在联系,探究生产技术与安全管理的协同机制,对构建科学有效的安全保障体系、推动化工行业可持续发展具有重要现实意义。本文基于化工生产实际,系统分析相关安全问题及应对策略,为提升化工安全水平提供思路。

1 化工生产特点

1.1 原料与产品的危险性

化工生产所使用的原料和产出的产品大多具有显著的危险特性,这是化工行业区别于其他工业领域的突出特点。从原料来看,常见的有各类易燃易爆气体(如氢气、甲烷)、易挥发液体(如乙醇、乙醚)以及有毒化学品(如氯气、氰化物)。这些物质不仅闪点低、爆炸极限范围宽,遇到明火、静电或高温极易引发燃烧爆炸事故,而且部分具有强腐蚀性、放射性或致癌性,一旦泄漏会对人体健康和生态环境造成持久危害。产品方面,许多化工产品同样属于危险化学品,如农药、炸药、有机合成中间体等,在储存、运输和使用过程中若管理不当,极易发生泄漏、中毒或爆炸事件。

1.2 生产条件的苛刻性

化工生产往往需要在极端条件下进行,对温度、压力、湿度等参数有着极为严格的要求,这使得生产过程充满挑战。在温度控制方面,部分反应需要高温环境(如合成氨反应温度高达400-500℃),而有些则需低温条件(如制冷剂生产中的深冷工艺),温度波动哪怕只有几摄氏度,就可能导致反应失控或产物变质。压力条件同样苛刻,高压反应(如聚乙烯生产压力可达100-

300MPa)对设备耐压性提出极高要求,而真空操作(如蒸馏提纯过程)则需严防系统泄漏引发空气进入,避免形成爆炸性混合物。

1.3 工艺过程的复杂性

化工生产的工艺过程涉及多环节、多系统的协同运作,呈现出高度的复杂性。从原料预处理到化学反应,再到产物分离提纯,每个环节都包含复杂的物理变化和化学变化,且各环节之间相互关联、相互影响。例如,在石油化工联合装置中,裂解、重整、加氢等多个反应单元通过管道网络连接,某一单元的流量、温度波动会迅速传导至其他单元,引发连锁反应。同时,工艺过程中需使用大量精密设备(如反应器、精馏塔、换热器)和控制系统(如DCS分布式控制系统),设备之间的匹配性、控制系统的响应速度直接影响工艺稳定性^[1]。

2 化工生产中的安全问题

2.1 火灾与爆炸事故

火灾与爆炸是化工生产中最常见且后果最严重的安全问题之一。由于生产中涉及大量易燃易爆物质,当这些物质与空气混合达到爆炸极限,遇到明火、静电火花或高温热源时,极易引发燃烧。若燃烧在密闭空间内迅速蔓延,会因压力急剧升高导致爆炸。例如,反应釜内物料因搅拌不均匀导致局部过热,可能引发物料分解并释放大量可燃气体,与空气混合后形成爆炸性混合物,一旦接触加热装置的明火便会发生爆炸。此外,设备老化导致的泄漏、管道堵塞造成的压力异常等,也会增加火灾与爆炸的风险,这类事故往往会造成设备损毁、人员伤亡,甚至引发连环爆炸,扩大事故影响范围。

2.2 有毒有害物质泄漏

有毒有害物质泄漏是化工生产中威胁人员健康和环境安全的突出问题。生产过程中使用的原料、中间体及产品中,不少具有毒性、腐蚀性或刺激性,如氯气、氨

气、苯系物等。设备密封失效、管道腐蚀穿孔、阀门误操作等情况,都可能导致这些物质泄漏到作业环境中。泄漏的有毒物质可能通过呼吸道、皮肤接触等途径侵入人体,引发中毒症状,轻则头晕、恶心,重则器官衰竭甚至死亡。同时,泄漏物若进入大气、水体或土壤,会造成严重的环境污染,破坏生态平衡,且部分有毒物质具有累积性,其危害可能持续较长时间。

2.3 人为操作失误

人为操作失误是化工生产中引发安全问题的重要诱因,往往源于人员对工艺流程不熟悉、操作技能不足或安全意识淡薄。例如,操作人员误开或误关阀门,可能导致物料错配,引发剧烈化学反应;在未确认设备内是否存在可燃气体的情况下贸然动火作业,会直接触发燃烧爆炸。此外,违章操作现象也较为常见,如擅自改变工艺参数、跳过必要的检测步骤等。部分员工在疲劳状态下作业,注意力不集中,也会增加操作失误的概率。人为操作失误不仅会直接导致生产异常,还可能掩盖潜在的设备或工艺问题,使小隐患逐渐扩大为重大安全事故^[2]。

3 化工生产技术与安全的关联

3.1 先进生产技术对安全的促进作用

先进生产技术为化工生产安全提供了多维度的保障,从源头降低了安全风险发生的概率。智能化控制系统的应用实现了生产参数的实时监测与精准调控,例如通过分布式控制系统(DCS)对反应釜温度、压力等关键指标进行毫秒级采集与调节,避免因参数波动引发物料分解或设备超压。新型密封技术的推广大幅减少了泄漏隐患,如采用磁力驱动搅拌装置替代传统机械密封,彻底消除了轴封处的介质泄漏通道。自动化生产线的普及则降低了人工介入高危环节的频率,像高危原料的输送、剧毒产物的分离等流程通过机器人完成,减少了人员直接接触危险物质的机会。

3.2 安全要求对生产技术改进的推动

安全标准的不断升级倒逼化工生产技术持续革新,形成了技术发展的倒逼机制。针对有毒物质泄漏后的快速处置需求,催生出原位化学中和技术,通过内置在管道中的反应剂喷射系统,可在泄漏发生后10秒内完成有毒气体的中和反应。为满足防爆要求,设备制造技术向本质安全方向突破,例如开发出无火花型搅拌器,其叶片采用特殊合金材料,即使与釜壁碰撞也不会产生点火花源。面对严苛的环保安全法规,绿色工艺技术得到加速应用,如采用超临界流体萃取技术替代传统有机溶剂萃取,从工艺源头消除易燃易爆溶剂的使用^[3]。

4 加强化工安全管理的措施

4.1 完善安全管理制度

完善安全管理制度需构建层次分明、权责清晰的体系,为化工生产安全提供刚性约束。(1)要建立全员覆盖的安全责任体系,明确企业主要负责人为安全第一责任人,对整体安全管理负总责;部门负责人承担分管领域安全管理职责,确保各项制度在本部门落地;一线员工履行岗位安全操作责任,形成“主要负责人牵头、中层干部督导、基层员工执行”的三级责任链条,通过签订安全责任书将责任细化到个人,避免出现管理盲区。(2)需规范重点环节的作业流程制度,针对动火作业、受限空间进入、危险化学品装卸等高危操作,制定标准化作业指南,明确作业前的风险评估要素、作业中的安全防护要求及作业后的现场清理标准。例如,动火作业必须执行“三不动火”原则(无证不动火、无监护不动火、安全措施不落实不动火),并留存完整的作业审批记录,确保每个环节可追溯。(3)要健全动态监督与改进机制,设立专门的安全管理部门,定期对制度执行情况进行检查,重点核查责任落实、流程执行及隐患整改情况。同时,建立制度修订机制,结合国家法律法规更新、行业事故案例及企业生产工艺变化,每年组织一次制度评审,及时补充或修订不符合实际的条款,确保制度始终与生产安全需求相匹配,形成“制定-执行-监督-修订”的闭环管理。

4.2 强化员工安全培训

(1)强化员工安全培训需构建系统化的培训体系,提升全员安全操作能力与风险防范意识。培训内容应注重针对性,根据岗位风险等级差异化设置:对一线操作员工,重点讲解本岗位涉及的危险化学品特性、设备操作规程、应急处置步骤及防护用品正确使用方法,如教会员工快速佩戴防毒面具、操作紧急停车按钮;对管理岗位人员,增加风险评估方法、隐患排查技巧及应急指挥协调等内容,确保其能有效识别管理环节的安全漏洞。(2)培训方式需打破传统说教模式,采用“理论+实操+情景模拟”的复合模式:理论授课结合典型事故案例剖析,用事故现场图片、视频还原违规操作的严重后果;实操培训设置仿真操作台,让员工反复练习紧急泄压、物料切断等关键操作;情景模拟则通过搭建模拟泄漏、火灾等场景,考核员工在高压环境下的应急反应能力,如在模拟氯气泄漏场景中,检验员工能否在3分钟内完成报警、疏散、佩戴防护装备及启动中和装置等一系列动作。(3)为确保培训效果落地,需建立严格的考核与复训机制:新员工必须通过理论与实操双重考核方可上岗,考核不合格者进行二次培训直至达标;在岗员工

每季度开展一次专项复训，重点巩固薄弱环节技能，复训成绩纳入绩效考核；对发生过操作失误的员工，实施针对性补训，通过一对一指导纠正错误操作习惯，形成“培训-考核-改进”的良性循环。

4.3 加强设备维护与管理

加强设备维护与管理需构建全生命周期管控体系，保障设备始终处于安全运行状态。（1）建立精细化设备台账，详细记录设备型号、购置日期、技术参数、历次检修记录及易损部件更换情况，实行“一机一档”数字化管理，通过物联网技术实时更新设备运行数据，为维护决策提供数据支撑。例如，对反应釜、压缩机等关键设备，台账需特别标注耐压等级、密封形式及安全附件校验周期，确保维护工作有的放矢。（2）制定差异化维护计划，根据设备重要程度和运行负荷划分维护等级：对涉及剧毒物料的输送泵、高压反应容器等特级设备，实施每月一次的全面检测，包括壁厚检测、密封性能试验及安全附件校验；对普通储罐、通风设备等一级设备，每季度进行常规巡检和功能测试；对辅助性管道、阀门等二级设备，每半年开展泄漏检测和防腐处理，避免因维护不足导致设备失效。（3）强化关键设备状态监测，在高危设备上安装在线监测装置，如在高温管道布置红外测温传感器、在泵体安装振动分析仪，实时监测温度、压力、振动等参数，当数据超出阈值时自动报警。同时建立设备故障快速响应机制，组建专业维修团队，确保接到故障通知后30分钟内到场处置，重大故障4小时内出具解决方案，将设备停机风险降至最低。此外，严格执行设备报废制度，对达到使用年限或经评估存在不可修复安全隐患的设备，坚决予以报废，严禁违规翻新或降级使用。

4.4 引入安全监测与预警技术

引入安全监测与预警技术能为化工生产筑起智能化安全防线，实现风险的精准识别与提前干预。（1）构建全方位监测网络。在生产装置区、储罐区、管道连接处等关键部位布设多元化监测设备，如针对易燃易爆气体安装催化燃烧式检测仪，对有毒物质配备光电离探测器，对设备运行状态部署振动、温度传感器等，实时捕捉浓

度、压力、位移等关键参数，确保无监测死角。（2）搭建智能预警平台。通过工业互联网将各类监测数据汇聚整合，运用大数据分析和人工智能算法建立风险评估模型。当监测数据出现异常波动时，系统能自动比对预设阈值，快速判定风险等级并触发分级预警：一般风险通过车间声光报警提醒现场人员；较大风险同步推送至班组长手机终端；重大风险直接联动企业应急指挥中心，同时启动现场应急设备，如自动切断物料阀门、开启喷淋系统等，为处置争取时间。（3）保障技术系统可靠运行。定期对监测设备进行校准维护，确保数据采集的准确性，例如每月对气体检测仪进行标气校准，每季度对传感器灵敏度进行测试。建立数据备份与系统冗余机制，防止因网络中断或硬件故障导致监测失效，同时配备专业技术团队负责系统迭代升级，结合新的风险类型不断优化预警算法，让监测预警技术始终适配化工生产的安全需求^[4]。

结束语

化工生产技术与化工安全是相互依存、协同共进的有机整体。先进技术为安全筑牢防线，从智能监测到自动预警，持续提升风险防控的精准度；而安全需求则倒逼技术革新，从本质安全设备到绿色工艺，不断拓展技术应用的边界。唯有让技术发展始终锚定安全目标，让安全管理深度融合技术优势，才能实现化工生产的高效与安全并行。在行业高质量发展的进程中，需始终保持技术创新与安全管理的动态平衡，以技术进步夯实安全根基，以安全要求引领技术方向，共同构筑化工行业可持续发展的坚固屏障。

参考文献

- [1]李鑫.化工设计中安全危险的识别与控制探讨[J].化工管理, 2021(20):124-125
- [2]许少华, 德泊亭.浅谈化工设计中安全管理危险的识别及其控制[J].化工管理, 2021(29):165-166
- [3]叶兴平.化工设计中安全管理危险的识别与控制[J].石化技术, 2022,23(8):198-199
- [4]康红艳, 于峥, 王跃.化工工艺设计中应注意的安全问题[J].化工管理, 2021(22):144-145.